

Coline Brunet

Chargée de Coopération régionale sur les mouches des fruits

CIRAD / e-PRPV / IRACC

Pôle de protection des plantes

7 chemin de l'IRAT - Station Ligne Paradis

97410 Saint Pierre - Réunion

coline.brunet@cirad.fr

06 93 92 51 53

Tel accueil : 0262 2 62 49 92 00



Rapport de mission de coopération régionale sur la lutte biologique contre les mouches des fruits à Maurice

Coline Brunet et Jim Payet

Du 20 au 26 mai 2012

Sommaire

Objet et contexte de la Mission :	2
Déroulement de la mission	3
Participants – Personnes rencontrées.....	5
Points principaux	6
Préparation de la mission.....	6
Contexte	6
Techniques d'élevages des mouches	7
Elevages des parasitoïdes : protocoles et adaptations	10
Lâchers des parasitoïdes pour acclimatation sur l'île Maurice	13
Activités de surveillance des Mouches des fruits et des légumes à Maurice	15
Annexe 1 : Dossier de demande d'importation et lâcher de <i>Fopius arisanus</i> (Sonan) et <i>Psytalia fletcheri</i> (Silvestri) (Hym. : Braconidae Opiinae) en vue de la lutte biologique contre les mouches des fruits et des légumes à Maurice	19
Annexe 2 : Bibliographie – Références.....	23

Objet et contexte de la Mission :

Dans le cadre de la lutte contre les mouches des fruits et des légumes à Maurice, une demande officielle d'introduction de parasitoïdes a été faite par le Ministère de l'Agro Industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice au Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) à la Réunion (France).

Cet échange est opéré dans le cadre des programmes IRACC (Initiative Régionale Agro écologie Changement Climatique) mis en œuvre par la COI (Commission de l'Océan Indien), e-PRPV (Elargissement et Pérennisation du Réseau de Protection des Végétaux) et le projet de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) « Mar5022- Reducing Insecticide Use and Losses to Melon Fly (*Bactrocera cucurbitae*) through Environment-Friendly Techniques to Increase Production in Different Areas, Phase II » en cours à Maurice.

Il s'agit d'une opération de lutte biologique classique, visant à l'importation et l'acclimatation à Maurice de *Fopius arisanus* et *Psytalia fletcheri*, deux parasitoïdes de Tephritidae introduits il y a quelques années à la Réunion.

- *Fopius arisanus* a été introduit avec succès à la Réunion en 2003 (Rousse, 2007). Il s'était déjà révélé efficace dans de nombreuses autres zones tropicales du monde, avec notamment un franc succès à Hawaï dans les années 1950 (Rousse, 2007). Il s'agit d'un parasitoïde actif particulièrement contre certaines espèces du genre *Bactrocera* spp. Il constitue aujourd'hui un auxiliaire de lutte très intéressant contre *Bactrocera zonata* et *Bactrocera invadens*, ravageurs invasifs dans certaines des îles de l'océan indien.
- *Psytalia fletcheri* est un parasitoïde dont l'efficacité a été démontré depuis 1916 à Hawaii (Hurtrel, 2000). Il est inféodé aux mouches des cucurbitacées, notamment *Bactrocera cucurbitae* contre laquelle il lutte efficacement à la Réunion depuis 1995 (Simon, 1998).

Ces parasitoïdes vont être élevés, lâchés et suivis par la Division d'Entomologie du Ministère de l'Agro Industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice, avec le soutien du CIRAD Réunion. Les suivis post-lâchers devraient ensuite permettre de mesurer l'efficacité de cette introduction sur les populations de Tephritidae des cultures légumières et fruitières à Maurice. Son impact devrait logiquement permettre de réduire les populations de mouches dans les zones réservoirs de plantes-hôtes non traitées, ce qui amènerait une moindre pression de ces ravageurs sur les cultures.

Déroulement de la mission

Lundi 21 mai 2012

Heures	Activités
9h00 – 12	<p>Briefing / présentation de l'équipe entomologie de la Division d'entomologie du Ministère de l'agriculture de Maurice avec Mr Preaduth Sookar et l'équipe d'entomologie, Présentation Jim Payet et Coline Brunet</p> <p>Visite du laboratoire d'entomologie et des élevages de <i>Bactrocera cucurbitae</i> et <i>Bactrocera zonata</i>.</p> <p>Visite de courtoisie au Ministère de l'Agro-industrie et de la sécurité alimentaire de Maurice</p>
	Pause déjeuné
13h30 – 16h	<p>Pratiques d'élevage – Jim PAYET :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aménagement de l'espace de travail/élevage pour les pratiques d'élevage de la semaine - Mise en ponte <i>Bactrocera zonata</i> puis mise en ponte de <i>Fopius arisanus</i> - Galettes de ponte pour <i>Psytalia fletcheri</i> <p>Echanges sur les pratiques d'élevage de mouches dans nos laboratoires respectifs</p> <p>Présentation sur les élevages de mouches au laboratoire d'entomologie du CIRAD à la Réunion - Coline BRUNET</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bactrocera zonata</i> - <i>Bactrocera cucurbitae</i> - Milieu de développement - Recherches en cours

Mardi 22 mai 2012

Heures	Activités
8h30 – 12h00	<p>Pratiques élevage – Jim PAYET</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboration de milieu de développement - Retrait des pondoirs + seconde mise en ponte <p>Présentations sur les protocoles d'élevages des parasitoïdes - Coline BRUNET</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Déroulement de l'élevage des parasitoïdes</i> <ul style="list-style-type: none"> o Site de ponte pour <i>Fopius arisanus</i> o Galette de ponte pour <i>Psytalia fletcheri</i> <p>Discussions autour de l'adaptation des méthodes d'élevage au contexte de Maurice</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pondoirs - Récupération des larves - cages
	Pause déjeuné
13h30 – 16h00	<p>Présentation sur les élevages de masse à Maurice, recherches en cours, résultats</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elevage de masse <i>Bactrocera zonata</i>, <i>Bactrocera cucurbitae</i> - Milieu de développement, - SIT, Recherches en cours <p>Présentations sur le réseau de surveillance des mouches des fruits à Maurice</p>

Mercredi 23 mai 2012

Heures	Activités
8h – 14h30	Tournée de Terrain dans le Nord, station de Mapou <ul style="list-style-type: none">- Visite de sites de piègeage de surveillance,- Visite chez des producteurs de cucurbitacées, Hamlet- Visite des « sprayer man »- Prospection sites de lâchers parasitoïdes Pereybère
14h30 – 16h	Pratiques d'élevage, <ul style="list-style-type: none">- Démonstration milieu de développement utilisé à Maurice- Retrait des sites de ponte, nouvelle mise en ponte Discussion sur la problématique de lâcher/suivis des parasitoïdes pour la lutte biologique <ul style="list-style-type: none">- Choix de sites potentiels de lâchers- Protocoles de lâcher- Protocole de suivis

Jeudi 24 mai 2012

Heures	Activités
8h30 – 16h00	Tournée de Terrain dans le Sud, <ul style="list-style-type: none">- Visite de sites de piègeage de surveillance,- Pièges de quarantaine, aéroport, Plaisance- Visite de producteurs de cucurbitacées, Rivière du Poste- Sites potentiels de lâchers, Blue Bay Pratiques d'élevages

Vendredi 25 mai 2012

Heures	Activités
8h30 – 10h	Discussion des protocoles de lâchers / suivis Discussion des améliorations et dispositifs d'élevage des parasitoïdes, adaptation à l'élevage de masse Préparation débriefing
	Pause déjeuner
14h ...	Débriefing auprès de Mr Heerasing et de l'ensemble des divisions du ministère de l'agro - industrie et de la sécurité alimentaire Conclusion de la semaine de mission Remerciements

Participants – Personnes rencontrées

- Visite de courtoisie : “Ministry of Agro Industry and Food Security, Agricultural Services, Entomology Division, Maurice”

Mr Veer Punchoo, Chief Agricultural Officer

Mr J M Heerasing, Principal Agricultural Officer,

- Membres de la Division Entomologie :

Dr S Permalloo, Divisional Scientific Officer

Mr Preeduth Sookar, Senior Scientific Officer

Mrs Malini Alleck, Scientific Officer

Ms Indrani Buldawoo, Scientific Officer

Mrs FB Khayrattee, Senior Technical Officer

Mrs Nausheen Patel, Senior Technical Officer

Mrs Sonia Ramjee, Senior Technical Officer

Mr Pradeep Nundloll, Senior Technical Officer

Mr Ravi Choolun, Senior Technical Officer

Mr Nadeem Ahseek, Senior Technical Officer

Mr Mahen Rambhunjun, Senior Technical Officer

Mr Nazeer Allymamod, Senior Technical Officer

- Et d’autres membres des différentes divisions du Ministère lors du débriefing de la semaine.

Points principaux

Préparation de la mission

Depuis novembre 2011, les élevages de *Fopius arisanus* et *Psytalia fletcheri* ont été mis en place au laboratoire d'entomologie du CIRAD à la Réunion après récolte de fruits piqués sur le terrain. Ces élevages se sont révélés suffisamment productifs à partir de février 2012. Ainsi une mission pour l'introduction, la formation à l'élevage, et pour le lâcher/suivis des parasitoïdes a été proposée, en réponse à la demande du Ministère de l'agro industrie et de la sécurité alimentaire de Maurice.

Les conditions d'introduction de ces auxiliaires de luttés ont été mises en œuvre de manière à répondre aux exigences des Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires définies par la FAO et relatives à l'introduction et au lâcher des agents exotiques de lutte biologique (NIMP n°3, CIPV - 1996 et sa révision en 2005, IPPC).

Après avoir fait la demande officielle d'introduction des parasitoïdes *F. arisanus* et *P. fletcheri*, le pays importateur, Maurice, par le biais de son Service de Protection des Végétaux, a délivré un permis d'importation du matériel biologique.

Le CIRAD Réunion, représentant du pays exportateur, a répondu favorablement à cette demande officielle. Un cahier des charges pour l'envoi et l'introduction de ces 2 parasitoïdes a alors été élaboré.

(cf annexes)

Le matériel biologique a été envoyé sous forme de pupes de *Bactrocera zonata* et *Bactrocera cucurbitae* parasitées par leur parasitoïde respectif. Ces mouches étant présentes à Maurice, leurs pupes ne sont donc pas soumises à quarantaine stricte.

Les dates d'envois et quantités de pupes ont été calculées de façon à obtenir suffisamment d'émergences de parasitoïdes avant le début de la formation à l'élevage.

Contexte

Dans le cadre d'un programme national de contrôle de la mouche du Melon, soutenu par le gouvernement de Maurice et l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), des techniques de gestion intégrée des populations de ravageurs (Integrated Pest Management) ont été développées, sur la base du modèle Hawaïen. Il s'agit d'une gestion en plusieurs étapes. Les 3 premières, la prophylaxie (ramassage et destruction des fruits tombés), la MAT (Male Anihilation Technique), et la BAT (Bait Application technique) ont été développées sur l'île depuis plusieurs années maintenant. Les prochaines étapes de cette IPM sont l'introduction d'espèces auxiliaires agissant dans la régulation des populations de mouches dans les zones réservoirs et la mise en place de la Technique de l'Insecte Stérile (SIT), phase 2 du programme.

Dans ce contexte, le Laboratoire d'Entomologie du Ministère de l'agriculture de Maurice a développé des travaux de recherche sur la différenciation des pupes mâles et femelles. En effet, une souche de *B. cucurbitae* permettant un sexage génétique par coloration des pupes est en élevage actuellement, et des travaux sont en cours pour vérifier son potentiel en SIT :

- Longévité, fécondité
- Compatibilité avec la souche sauvage de *Bc*,
- Production de masse de pupes différenciables
- Test de stérilisation ...

Le laboratoire s'est également doté du matériel nécessaire, notamment pour la séparation des pupes mâles et femelles (mesure et réglages sur une trieuse à riz adaptée aux triages des pupes) et pour leur irradiation.



Photo 1 : Différenciation sexuelle des pupes d'après leur couleur

Notre mission s'insérait dans la dernière étape de l'IPM à savoir l'introduction d'espèces auxiliaires agissant dans la régulation des populations de mouches dans les zones réservoirs. Ainsi les parasitoïdes ont été introduits à Maurice, une formation à l'élevage a été dispensée et une réflexion autour du lâcher des auxiliaires de luttés s'est développée.

Techniques d'élevages des mouches

Au Laboratoire d'Entomologie du Ministère de l'Agriculture à Maurice, les élevages de *B. cucurbitae* et de *B. zonata* sont des élevages de masse élaborés et adaptés à une production massive de pupes à stériliser. Ainsi les techniques et matériels utilisés sont adaptés (notamment pour une diminution du coût, une gestion de l'espace, une gestion de l'aspect pratique du travail ...)

Des différences notoires dans nos élevages respectifs existent et peuvent être prise en compte pour diminuer les coûts d'élevage notamment au laboratoire d'entomologie du CIRAD Réunion. :

LES MILIEUX DE DEVELOPPEMENT

Les milieux de développement utilisés dans les deux îles sont très différents. Quand, à Maurice, on prépare 2,5 kg de milieu pour y étaler une quantité définie (24 000) d'œufs, à la Réunion nous produisons en petite quantité (500g de milieu 1 et 500g de milieu2) utilisable sur un mois.

Le milieu de développement qui a été développé à Maurice s'est inspiré de ce qui est pratiqué par l'USDA d'Hawaii.

- La composition des milieux :

Milieu de développement Bz et Bc MAURICE

Ingrédients	Pourcentage
Bagasse de sucre de canne (récupérée de l'usine)	6%
Maïs moulu	6%
Sucre	11%
Déchet de levure de bière (Récupérée de l'usine)	6%
Son de blé	6%
Eau	64.8%
Nipagine	0.1%
Benzoate acide	0.1%

Milieu de développement Bz REUNION

Ingrédients Milieu 1	Pourcentage
Poudre de carotte	8.3%
Levure de Bière (« Gerblé »)	7.8%
Pomme de terre déshydratée (purée mousseline)	13.4%
Eau	67%
+ Nipagine	0.1%
+ Sodium Benzoate	0.1%
HCl	3

Ingrédients Milieu 2	Pourcentage
Sucre	20%
Levure de Bière (« Gerblé »)	10%
Son de blé (« Weetabix »)	Selon humidité du milieu
Eau	67%
Nipagine	0.1%
Sodium Benzoate	0.1%
HCl	3

Les contraintes de production n'étant pas les mêmes, les coûts de production du milieu à Maurice ont été minimisés au mieux en travaillant avec des unités de productions locales (usine de canne, usine de bière ...).



Photo 2 : Milieu de développement utilisé au Laboratoire d'Entomologie du Ministère de l'Agriculture à Maurice

- L'utilisation des milieux

Le milieu de développement n'est utilisé à la Réunion que pour *B. zonata* alors qu'il est utilisé également pour *B. cucurbitae* à Maurice. Par ailleurs, 2 milieux différents sont utilisés à la Réunion. Un premier plus sec sur lequel sont étalés les œufs ; et un second liquide que l'on ajoute au premier en l'épaississant avec du son de blé.

Recommandations pour le Laboratoire d'Entomologie CIRAD Réunion

A l'avenir, les élevages de *B. cucurbitae* pourraient se faire sur un milieu artificiel de développement (actuellement sur courgette) basé sur celui proposé ici. (Cela implique de trouver un milieu de développement pour l'élevage difficile de *Dacus ciliatus*)

Il semble également intéressant de réfléchir à l'utilisation de milieu type « Maurice » au Laboratoire d'Entomologie du CIRAD Réunion afin de minimiser les coûts et de simplifier les méthodes d'élevages.

OUTILS D'ELEVAGE

Ces milieux de développement sont ensuite placés dans une « armoire » dans laquelle vont être disposés plusieurs plateaux contenant les œufs puis les larves en développement.

Une fois leur développement terminé, les larves vont sauter du milieu comme elles le feraient pour sortir d'un fruit et faire leur nymphose. Dans cette armoire, elles vont être amenées à tomber dans un récipient d'eau ou elles stopperont leur développement et ce pour au plus 24h. Elles doivent alors être récupérées chaque jour et placées dans de la vermiculite pour nymphose.

Ce système permet de récupérer une grande quantité de larves au même stade.

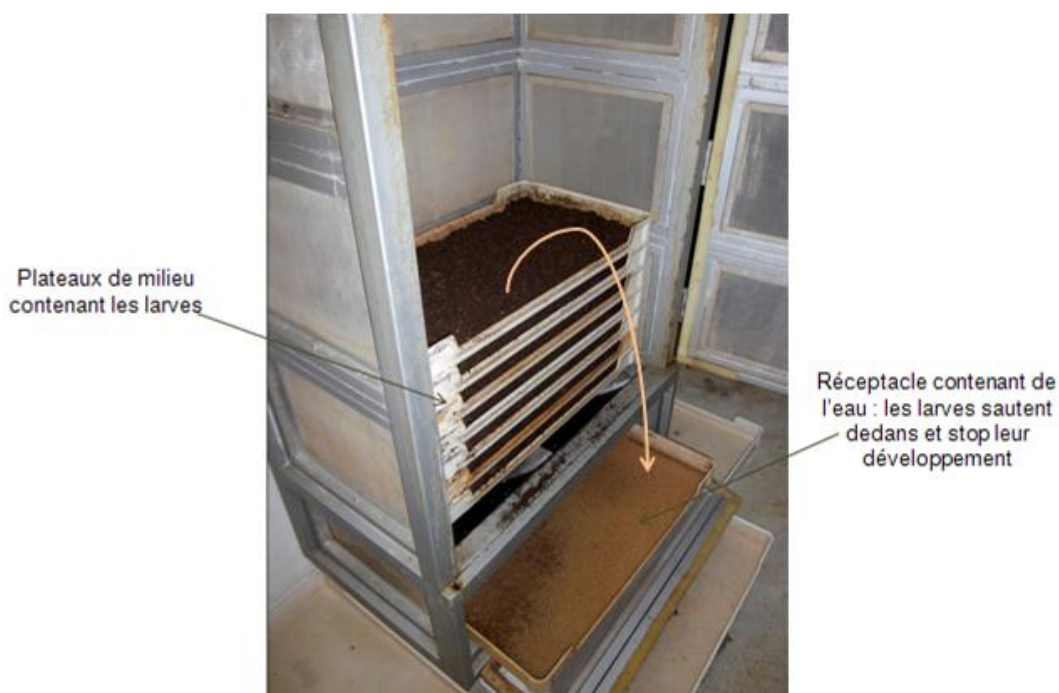


Photo 3 : armoire à milieux

Les élevages des mouches des fruits à Maurice, notamment *B. zonata* se font dans de très grandes cages compartimentées et sur roulettes (nettoyage simplifié). Ces cages permettent de limiter la manipulation des abreuvoirs ou des pupes puisqu'un seul lot de pupes y est placé et constituera la nouvelle génération.



Photo 4 : Grande cage d'élevage de masse de *Bactrocera zonata*

Elevages des parasitoïdes : protocoles et adaptations

Des démonstrations de pratiques d'élevage ont été faites chaque jour de la semaine afin d'illustrer le protocole d'élevage des parasitoïdes *F. arisanus* et *P. fletcheri* (Brunet, Payet, 2012)

Les points principaux abordés concernent les cages d'élevages, l'aménagement de l'espace de travail et les systèmes de ponte pour chacun des parasitoïdes.

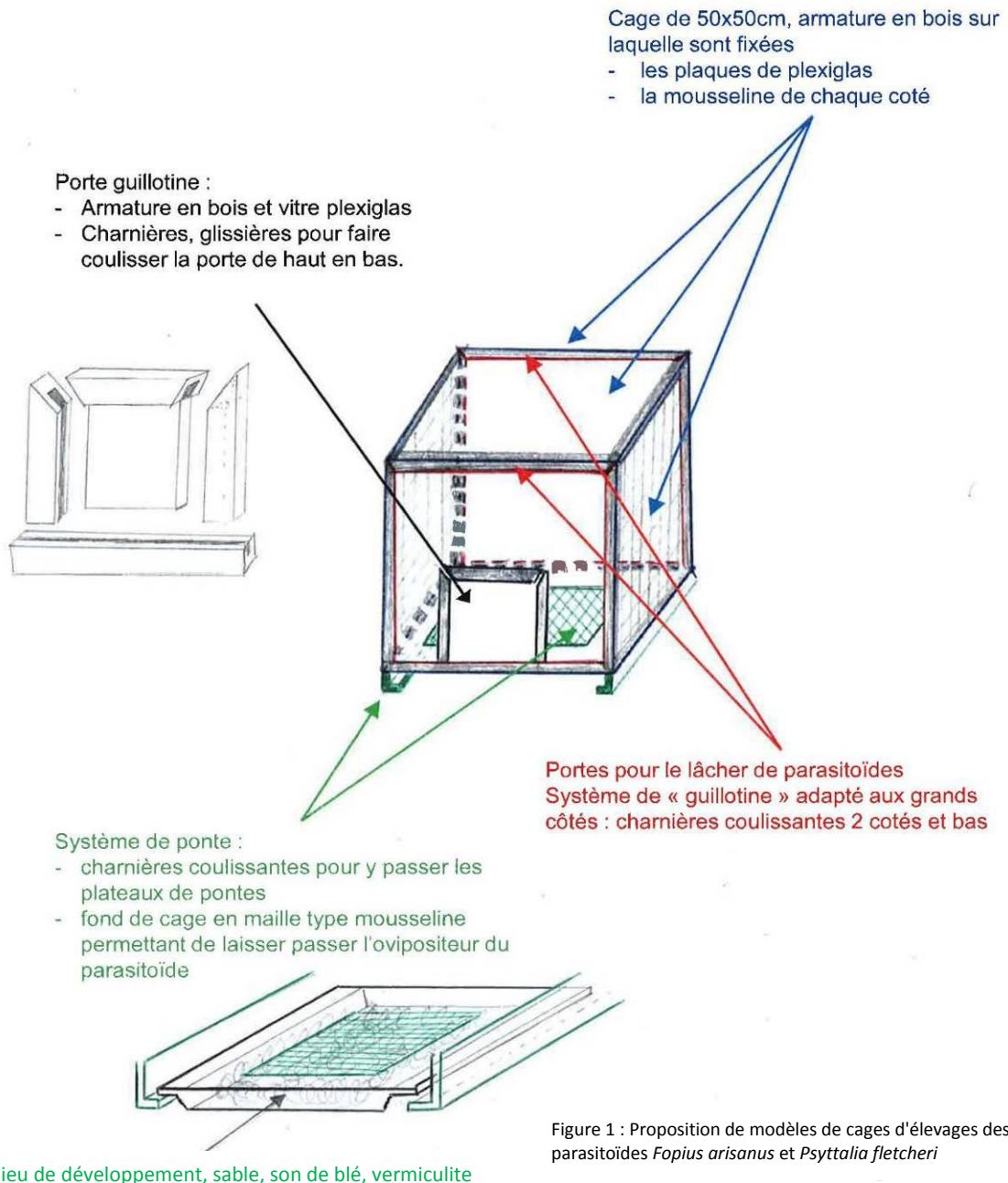
Cages d'élevage :

Le Laboratoire d'Entomologie de Maurice ne disposant pas encore de cage de 50cm sur 50cm pour l'élevage des parasitoïdes, un modèle de fabrication a été proposé (cf figure ci dessous).

Plusieurs propositions et points clefs ont été abordés :

- L'armature en bois : simplifie la fabrication, solidifie la structure, permet de fixer de la mousseline sur certaines faces (économie de plexiglas)

- La porte « guillotine » : mieux adaptée aux parasitoïdes; le défaut de l'ouverture en manchette de mousseline est que les parasitoïdes s'y insèrent et se coincent dedans = risque de fuite et de mortalité. Pour limiter les fuites de parasitoïdes, il faut souffler sur les insectes lors des manipulations et des ouvertures.
- Cage type « lâcher de parasitoïdes » : la possibilité de disposer de 2 grands pans escamotables de chaque côté de la cage est intéressante pour le lâcher des parasitoïdes.
- Le système de ponte : les charnières coulissantes permettent d'insérer un plateau sous la cage et de proposer une grande surface de ponte aux parasitoïdes (basé sur le modèle USDA Hawaii).



Remarque : pour la fabrication des cages en plexiglas, le Laboratoire d'Entomologie de Maurice dispose d'un outil type « cutter », adapté à la découpe de ce matériel

Aménagement de l'espace de travail

Par ailleurs, le laboratoire connaît des difficultés dues à la présence en grande quantité de fourmis.

Il a été proposé d'aménager le dispositif d'élevage sur des étagères « anti fourmis » (cf photo) pour commencer. (Réfléchir à adapter cela au format des cages d'élevage)

A l'avenir, le Laboratoire d'Entomologie de Maurice souhaite utiliser un système « d'armoire sur roulette » dans laquelle seront disposées les cages. Ainsi, seules les roulettes devront être protégées pour empêcher l'accès aux fourmis.



Photo 5 : Etagères anti fourmis sur lesquelles sont disposées les cages d'élevage

Systèmes de ponte des parasitoïdes

- *Fopius arisanus*

F. arisanus est un parasitoïde ovo pupal. Dans nos élevages, il pond ses œufs dans les œufs de *B. zonata*.

Le système de ponte proposé consiste à utiliser un seul et même pondoïr afin de le transférer d'un élevage à l'autre (de celui des mouches à celui des parasitoïdes) sans manipuler les œufs. Dans nos élevages à la Réunion, ce système s'est avéré être suffisant et souvent le plus efficace. Cependant d'autres systèmes ont été testés sur le modèle de ce qui se fait à l'USDA d'Hawaï.

Ces différents tests ont été discutés avec le Laboratoire d'Entomologie du Ministère de l'Agriculture à Maurice afin de réfléchir à la solution la plus appropriée à leurs élevages et pour un élevage de masse des parasitoïdes.

L'idée retenue a été de tester le dispositif « milieu de développement » :

Les œufs étalés sur le milieu de développement comme fait à Maurice pourront être présentés aux parasitoïdes avec un système de tiroirs sous la cage (cf figure 1, Modèle USDA Hawaï).

- *Psytalia fletcheri*

Psytalia fletcheri est un parasitoïdes larvo-pupal. Dans nos élevages il pond ses œufs dans les larves L3 de *B. cucurbitae*.

Pour cette mise en ponte, des larves de *B. cucurbitae* au stade L3 doivent être récoltées et présentées aux parasitoïdes sous une mousseline pendant 24h. Ainsi à la Réunion, nous élaborons pour cela une « galette de ponte » à l'aide d'une boîte de pétri, dans laquelle sont disposées les larves dans du son ou du sable, fermée avec un morceau de mousseline et un élastique.

Le système « armoire à milieux » existant à Maurice, dans lequel les larves peuvent être récupérées en grande quantité et au stade L3, est très intéressant pour la mise en ponte de *P. fletcheri*.

En effet, ces larves, récupérées en grande quantité juste avant d'effectuer leur nymphose, pourraient être disposées sur la vermiculite dans un plateau. Celui-ci serait alors glissé sous la cage d'élevage, permettant aux parasitoïdes de pondre dans les larves avant qu'elles ne se transforment en pupes directement dans la vermiculite.

Remarque : contrairement au sable, la vermiculite serait moins abrasive pour les larves. Elle constitue une solution intéressante permettant de placer les larves directement dans leur milieu de nymphose.

Lâchers des parasitoïdes pour acclimatation sur l'île Maurice

Le protocole de lâcher/suivis de parasitoïdes a été discuté sur la base de ce qui a été fait à la Réunion pour l'introduction de ces deux espèces. Le protocole de lâcher prévus pour la Technique de l'Insecte Stérile a également servi de support aux discussions.

Fopius arisanus :

F. arisanus est introduit à Maurice afin de contribuer à contrôler la population de *B. zonata*. Il constitue également une opportunité contre une éventuelle introduction de *B. invadens*.

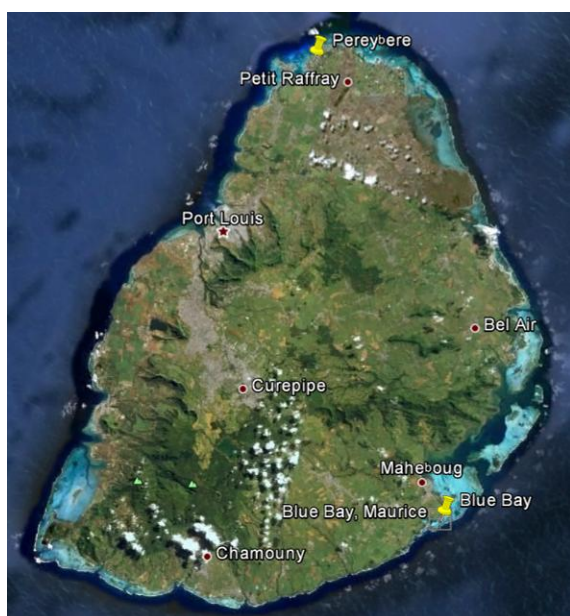


Photo 6 : Zone de lâchers de *Fopius arisanus* sur Badamiers : Peyreberre au Nord et Blue Bay au Sud

Il est important de noter qu'à Maurice, une majorité des arbres fruitiers se trouvent dans les arrières cours. Ainsi ils ne sont pas traités ou contrôlés de façon régulière. Par ailleurs, on trouve sur littoral de très nombreux Badamiers (*Terminalia catappa*), arbre côtier par excellence et grande réserve de fruits pour les populations de *B. zonata*.

Lors de nos tournées de terrain, les sites de lâchers choisis ont été visités. Il s'agira vraisemblablement de Peyreberre pour le Nord et Blue Bay pour le Sud.

La procédure proposée consiste à lâcher les parasitoïdes au pied d'arbres stratégiques choisis sur les sites de Peyreberre et de Blue Bay

20 000 parasitoïdes / lâcher (à définir)

Le suivi débutera 2 jours après le premier lâcher puis se fera toutes les 4 semaines. Ce même arbre sera suivi et des fruits seront récoltés. 25 à 30 fruits seront ramassés par campagne de suivi. Environ 20 fruits seront récoltés et mis-en vrac à

l'émergence pour observer la présence ou non des parasitoïdes puis 10 fruits seront surveillés individuellement.

Le suivi s'élargira en cercles concentriques autour du point de lâcher (notation GPS pour chaque point) en fonction de la présence / absence de *F. arisanus*. 3 premiers cercles seront surveillés systématiquement à partir de 500m de rayon puis 2,5km puis 5km de rayon autour du point de lâcher. Ce périmètre de surveillance s'élargira en cas de notations positives sur la présence du parasitoïde. Ainsi la dispersion du parasitoïde pourra être suivie.

Une couverture médiatique de ce procédé est déjà prévue afin de sensibiliser la population à l'action potentielle et durable de l'auxiliaire.

Psytalia fletcheri

Ce second parasitoïde est introduit dans le but d'appuyer la lutte contre *B. cucurbitae*.

La Technique de l'Insecte Stérile est déjà une forme de lutte qui va être mise en place et sur laquelle le projet compte énormément. Il s'agit d'une méthode qui s'est montrée efficace dans beaucoup de cas de lutte contre les insectes nuisibles. Cependant, la question demeure quand au devenir des populations de *D. ciliatus* et de *D. demmerezi*, autres ravageurs des cucurbitacées, qui sont pour l'instant très faibles à Maurice face à une espèce dominante mais qui pourraient reprendre leur place une fois *B.cucurbitae* éliminée.

La SIT se fera sur un seul site de lâcher dans le Nord et après l'introduction potentielle du parasitoïde.

Cependant il faut noter que, comme *F. arisanus*, *P. fletcheri* est un agent de lutte dans les zones réservoirs, c'est à dire sur les espèces sauvages de cucurbitacées qui ne sont pas soumises à des traitements phytosanitaires. Or à Maurice, toutes les espèces de cucurbitacées sont des espèces cultivées. La margoise, *Momordica charantia*, est cultivée à Maurice et ne semble pas s'être répandue à l'état sauvage comme à la Réunion. Il semble ainsi difficile de trouver une zone réservoir propice à l'installation du parasitoïde.

La réflexion autour de son lâcher s'oriente alors vers une possible mise à disposition d'un site de lâcher, zone de production de cucurbitacées, exempt de traitements phytosanitaires où le parasitoïde pourrait s'installer. La question de son expansion reste cependant difficilement concevable. Il est important de réfléchir à une solution permettant l'installation et l'expansion du parasitoïde pour évaluer son efficacité.

Remarques/Questions :

Coccinia grandis est signalée comme étant « naturalisée » à Maurice (Quilici & Jeuffrault, 2001): Trouve-t-on *B. cucurbitae* sur *Coccinia grandis* à Maurice ? Cette plante rampante pourrait constituer une zone réservoirs potentiellement utilisable par *P. fletcheri*.

Les zones pilotes de l'IPM (cf. Area Wide Control of fruit flies in Mauritius, NFFCP, Sookar&al., 2006), conduite à Maurice peuvent constituer des zones propices de lâcher des parasitoïdes.

Activités de surveillance des Mouches des fruits et des légumes à Maurice

Cette mission a permis en second lieu de connaître le fonctionnement des activités de surveillance menées par la Division Entomologie du Ministère de l'Agro industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice.

Un programme national de lutte contre les mouches des fruits existe depuis 1994, avec le soutien financier de l'Union Européenne et du Gouvernement de Maurice :

Area-Wide National Fruit Fly Control Program, NFFCP

Depuis 1999 il est entièrement pris en charge par le gouvernement Mauricien (Sookar & al., 2006)

Ce programme a notamment permis l'éradication de *Bactrocera dorsalis* en 1996. Depuis 2007 et 2010, il s'est particulièrement concentré dans le Nord de l'île.

Les activités phares sont les suivantes :

❖ « CONTROL OPERATIONS » : Un réseau de traitements phytosanitaires très déployé au Nord

Afin de diminuer l'utilisation des pesticides néfastes à l'environnement et pour contrôler les populations de mouches, des unités de la Division d'Entomologie luttent notamment à Mapou et à Flacq contre ces ravageurs.

Le program NFFCP vise à contrôler les infestations de mouches des fruits sur de larges zones en utilisant les techniques de BAT (Bait Application Technique) afin de diminuer les populations de mouches à un niveau acceptable et de MAT (Male Annihilation Technique) pour maintenir les populations à ce faible niveau.

• **Bait Application Technique**

Le mélange Bait Spray contient de l'eau, de l'hydrolysate de protéine pour appâter et du Malathion 57 EC (insecticide) pour un ratio de 98.6 : 0.7 : 0.7. Moins de 2L par hectare sont utilisés lors des traitements par tâches (sous les feuilles et renouvelés tous les 7 à 10 jours).

Des essais ont été menés afin de mesurer l'efficacité d'autres attractifs alimentaires afin de limiter les coûts de l'import de l'hydrolysate de protéine ou de Spinosad. Une formulation locale sert maintenant de substitut à l'hydrolysate de protéine : les résidus de levures de brasserie, modifiés ou bouillies, appelé WBY (Waste Brewer's Yeast).

- **Male Annihilation Technique**

En plus de cela, des « killers blocs » constitués de plaquettes de bois imbibées d'attractif sous forme de para phéromone, servent à la lutte de masse contre les mâles. Ces plaquettes sont imprégnées de différents attractifs : Methyl eugénol (67%), Trimedlure (62%) et de Cuelure (67%), additionné d'un insecticide : le Malathion UVL. Ils sont disposés à hauteur de 4 blocs par hectare dans les zones isolées et 9 blocs par hectare dans les zones bâties.

Globalement les unités de Flacq et Mapou travaillent à :

- La préparation de l'appât
- L'application en « spot spray » (traitement par taches) = 40cc sur les arbres fruitiers et dans les arrières cours
Par exemple, l'unité de Mapou gère 2 régions de la zone Nord avec une 30^{aine} de ceux que l'on appelle les « Sprayers Men ». Ces techniciens sillonnent les routes et les chemins de leur zone afin de traiter au « Bait Spray » une grande partie des arbres fruitiers.
- La préparation de plaquettes « Killer Blocks » = ex. préparation de ME + malathion (4 :1)
Ces plaquettes sont disposées dans les vergers et arrière cours tous les 20 m. Elles ont une durée de vie de 3-4 mois, ainsi 2 campagnes sont faites par an pour leur installation.
- La distribution au public
- Visite/conseil

❖ MONITORING :

- Un important réseau de piégeage : 700 pièges répartis à travers l'île

650 pièges de type « Steiner » sont utilisés dans toute l'île. Il s'agit de pièges fabriqués à partir de



boîtes achetées dans une manufacture locale. Ces pots en plastique disposent de 4 trous sur leur pourtour, d'une mèche sur laquelle seront disposés l'attractif et l'insecticide et d'un couvercle.

Ils contiennent soit du Méthyl Eugénol (attractif pour les mâles de *Bactrocera*), du Trimed-Lure (attractif pour les mâles de *Cératites*) ou du Cue Lure (attractif pour les mâles de *B. Cucurbitae* et *D. demmerezi*).

demmerezi).

Ils sont contrôlés et vidés tous les 15 jours.

Globalement les résultats de ces piégeages montrent une très forte majorité de *B. cucurbitae* piégés à travers l'île puis une forte population de *B. zonata* suivis des *Ceratitis rosa* et *C. capitata*.



15 pièges de type Mac Phail sont répartis dans les zones traitées du Nord. Ils sont constitués d'un bol contenant de l'hydrolysate de protéine liquide (« Buminal ») et d'un couvercle transparent.



Pour le piégeage de *B. cucurbitae*, ces pièges sont remplis d'un liquide fabriqué par la division à partir de levure de bière et de papaïne. Ce mélange semble attirer de manière plus efficace les *B. cucurbitae* que la levure de *Torula* ou autres hydrolysats de Protéine importés.

Ces pièges sont contrôlés et l'attractif renouvelé chaque semaine. Ils capturent essentiellement des femelles de *B. cucurbitae*



- **Mesure des taux d'infestation**

De nombreuses variétés de fruits sont récoltées afin d'évaluer et de contrôler les taux d'infestations par les mouches. Parmi ces fruits, les plus infestés sont les badamiers, jujubes, goyaves et mangues.

La principale mouche retrouvée dans ces fruits est *B. zonata*. Par ailleurs, le pourcentage d'infestation est nettement plus important dans les régions non traitées (allant jusque 39% de fruits infestés) alors que dans le Nord il est plus faible (autour de 4%)

⇒ Le monitoring permet de visualiser depuis 1994 l'évolution des taux d'infestations des plantes hôtes et également des populations de mouches selon les zones (traitées au Nord, ou non traitées, au Sud). Les résultats globaux semblent montrer l'efficacité des opérations de control des populations de mouches. On observe en effet une réduction des infestations de fruits par les larves et une diminution du nombre de mouches capturées dans les pièges dans les zones traitées (Sookar & al., 2006).

❖ **QUARRANTAINE : un réseau de surveillance aux points d'entrées principaux**

Dans le but de surveiller d'éventuelles introductions de nouvelles espèces, un réseau de piégeage a été mis en place autour des points d'entrée sur l'île, **le port** à Port Louis et **l'aéroport** à Plaisance (Mahebourg).

8 pièges de chacun des 3 attractifs, Methyl eugénol, Cue Lure et Trimedlure, sont disposés à chacun des points d'entrée + 6 pièges Mac Phail contenant de l'Hydrolysate de Protéine.

Ces pièges sont contrôlés et récoltés régulièrement afin de détecter toute introduction de mouches invasives dans l'île, notamment *Bactrocera invadens*.

❖ Programme particulier Mouche du Melon à Esperance Trebuchet

Depuis 2010, un programme national de lutte contre la mouche du melon est en cours dans la zone d'Espérance Trébuchet : **National Melon Fly Control Programme**

60 planteurs participent au programme et 110ha sont intégrés dans cette opération pilote d'Integrated Pest Management.

Les activités menées consistent essentiellement en la distribution de « Bait spray » (WBY modifié + Malathion), de plaquettes « Killer blocks » et de sacs en plastique noir pour la prophylaxie. Des « augmentoriums » ont également été fournis par le projet à quelques planteurs.

Des campagnes de récoltes de fruits sont également menées afin de mesurer le taux d'infestation.

Il en résulte que les cucurbitacées les plus infestées sont en premier lieu la patole puis les margoses, les pipangailles et enfin le concombre.

L'espèce dominante sur Cucurbitaceae est clairement *B. cucurbitae*. *Dacus ciliatus* est présente mais en plus petite quantité et essentiellement dans les zones un peu plus en altitude. On ne retrouve presque pas de *D. demmerezi*.

Remarque : <i>Dacus ciliatus</i> à Maurice est essentiellement retrouvé sur les patoles.
--

Annexe 1 : Dossier de demande d'importation et lâcher de *Fopius arisanus* (Sonan) et *Psytalia fletcheri* (Silvestri) (Hym. : Braconidae Opiinae) en vue de la lutte biologique contre les mouches des fruits et des légumes à Maurice

Coline Brunet, 7 juin 2012

Nom et adresse de l'organisme importateur

Ministry of Agro Industry & Food Security
Agricultural Service
Reduit, Mauritius

Contact:

Mr Preaduth Sookar
Entomology Division
Mail: psookar@mail.gov.mu
Tel.: 00230 465 8652

Nom et adresse de l'organisme exportateur

CIRAD Réunion, Pôle de Protection des Plantes
7chemin de l'IRAT
97410 Saint Pierre, France

Contact :

Serge Quilici
UMR PVBMT
Mail : quilici@cirad.fr
Tel : 0033 (0)262 49 92 40

Et

Coline Brunet
Chargée de coopération régionale
Mail : coline.brunet@cirad.fr
Tel : 0033 (0)693 92 51 53

Dans le cadre de la lutte contre les mouches des fruits et des légumes à Maurice, une demande officielle d'introduction de parasitoïdes a été faite par le Ministère de l'Agro Industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice au Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) à la Réunion (France).

Cet échange est opéré dans le cadre des programmes IRACC (Initiative Régionale Agro écologie Changement Climatique) mis en œuvre par la COI (Commission de l'Océan Indien), e-PRPV (Elargissement et Pérennisation du Réseau de Protection des Végétaux) et le projet de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) « Mar5022- Reducing Insecticide Use and Losses to Melon Fly (*Bactrocera cucurbitae*) through Environment-Friendly Techniques to Increase Production in Different Areas, Phase II » en cours à Maurice.

Objectifs précis de l'importation

Il s'agit d'une opération de lutte biologique classique, visant à l'importation et l'acclimatation à Maurice de *Fopius arisanus* et *Psytalia fletcheri*. Ces parasitoïdes sont connus comme étant susceptibles de se développer respectivement sur *Bactrocera zonata* et *Bactrocera cucurbitae*, sur lesquels ils sont actuellement élevés au laboratoire d'entomologie du CIRAD Réunion.

Ces parasitoïdes vont être élevés, lâchés et suivis par la Division d'Entomologie du Ministère de l'Agro Industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice, avec le soutien du CIRAD Réunion. Les suivis post-lâchers devraient ensuite permettre de mesurer l'impact de cette introduction sur les populations de ravageurs des cultures légumières et fruitières à Maurice. Son impact devrait logiquement permettre de réduire les populations de mouches dans les zones de plantes-hôtes réservoirs non traitées, ce qui amènerait une moindre pression de ces ravageurs sur les cultures.

Documentation relative aux organismes nuisibles visés *Bactrocera cucurbitae* et *Bactrocera zonata*

La documentation relative aux organismes nuisibles visés *Bactrocera cucurbitae* et *Bactrocera zonata* est disponible à la Division d'Entomologie du Ministère de l'Agro Industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice

Documentation relative aux agents de Lutte Biologique : *Psytalia fletcheri* et *Fopius arisanus*

- Informations générales sur les auxiliaires (Systématique, Bio-écologie, utilisation en lutte biologique, analyse du risque...) : cf. Division d'Entomologie du Ministère de Maurice
Une documentation complémentaire peut être fournie par le CIRAD Réunion
- Information sur les lâchers antérieurs : Origine et source de l'organisme

Fopius arisanus a été importé d'Hawaï (où il a été introduit dans les années 40) et s'est acclimaté à la Réunion depuis 2003.

Psytalia fletcheri également importé d'Hawaï, est acclimaté à la Réunion depuis 1995.

Ces deux parasitoïdes sont maintenant présents sur l'île, leur élevage à la Réunion au laboratoire d'entomologie du CIRAD a été mis en place à partir de récolte de fruits sur le terrain.

Cahier des charges pour l'envoi et l'introduction de ces deux parasitoïdes à Maurice

Modalités d'envois

2 colis différés ont été envoyés

Dates d'envoi : Mercredi 9 mai 2012 et Lundi 14 mai 2012

Arrivée prévue : Jeudi 10 mai 2012 et Vendredi 18 mai 2012

Organisme responsable de l'envoi : DHL

Point d'entrée sur l'île : Airport of Mauritius, Sir Seewoosagur Ramgoolam International Airport

Adresse spécifique de réception : Laboratoire d'entomologie, Division entomologie, Ministère de l'Agro-Industrie et de la Sécurité Alimentaire, Réduit, Maurice

Personne et organisme responsable de la réception:

La réception du colis se fera par la Division Entomologie du Ministère de l'Agro-Industrie et de la Sécurité Alimentaire de Maurice. Mr Pradeep Nundloll a été chargé par Mr Preeadooth Sookar de la réception et de l'ouverture de ces colis pour mise en élevage sécurisé.

Format et quantité

Le matériel sera envoyé sous forme de pupes de *Bactrocera zonata* et *Bactrocera cucurbitae* parasitées par leur parasitoïde respectif.

Entre 500 et 1000 pupes parasitées ont été envoyées pour chaque espèce de parasitoïde et par colis :

	<i>Fopius arisanus</i>	<i>Psytallia fletcheri</i>
Taux parasitisme moyen dans nos élevages	13%	20.9%
Pour obtenir une centaine de parasitoïdes	700 pupes parasitées → 91 <i>Fopius arisanus</i>	500 pupes parasitées → 104 <i>Psytallia fletcheri</i>

Mercredi 9 mai, 800 pupes de Bc parasitées et 1000 pupes de Bz parasitées ont été envoyées

Lundi 14 mai, 1000 pupes de chaque espèce ont été envoyées

Ce matériel a été placé dans une boîte aérée scellée dans un emballage rigide lui-même scellé.

Ces colis ne doivent être ouverts que dans des conditions contrôlées spécifiées ci-dessous (« déroulement et méthode de quarantaine ») au Laboratoire d'Entomologie.

Dates d'envois et premières émergences

Cas de Fopius arisanus

Les émergences de *Fopius arisanus* et *Bactrocera zonata* se font dans la même période. Le cycle de développement prend environ 17 jours.

Dates de mise en ponte disponible	Date de premières émergences
jeudi 26 avril	Dimanche 13 mai
Jeudi 3 mai	Dimanche 20 mai

La mise en ponte du Jeudi 26 avril initialement prévue pour l'envoi, pourra être envoyée au plus tard mercredi 9 mai.

La mise en ponte effectuée le jeudi 3 mai semble être la plus propice. Les larves sont nombreuses et le développement larvaire se déroule correctement. Ce colis pourra être prêt à partir du vendredi 11 avril.

Cas de Psytallia fletcheri

Les adultes de *Psytallia fletcheri* émergent environ une semaine après ceux de *Bactrocera cucurbitae*. Le cycle de développement de *Bactrocera cucurbitae* dure environ 17 jours, celui de *Psytallia fletcheri*, décalé d'une semaine, se fait également sur environ 16 - 18 jours.

Dates de mise en ponte des parasitoïdes	Date de premières émergences mouches	Date de premières émergences parasitoïdes
Mardi 2 mai	Samedi 12 mai	Samedi 19 mai
Lundi 7 mai	Jeudi 17 mai	Mercredi 23 mai

Pour la mise en ponte du 2 mai, dont l'émergence prévue des parasitoïdes coïncide avec le planning de formation, l'envoi doit être effectué le Mercredi 9 mai, pour une réception au plus tard le vendredi 11 mai et ainsi une manipulation possible avant les premières émergences de mouches. Un deuxième coli pourrait être envoyé le lundi 14 mai avec les pupes parasité du 7 mai. Ainsi de nouvelles émergences pourront être attendues durant la semaine de formation.

Déroulement de la réception et méthodes de quarantaine

Bactrocera zonata et *Bactrocera cucurbitae* sont des mouches présentes à Maurice. Les pupes des ces mouches ne sont donc pas soumises à quarantaine stricte.

Une formation à l'élevage de parasitoïdes étant prévue la semaine du 21 au 25 mai 2012, l'envoi des parasitoïdes a été prévu de sorte que les premiers parasitoïdes émergent le week-end précédant cette formation (à partir du 18 mai).

Les boîtes d'émergence contenant les pupes parasitées seront manipulées prudemment et placées dans une grande cage d'émergence. Ces boîtes d'émergences sont constituées d'une boîte classique avec un couvercle modifié à l'aide d'une maille tendue dont le diamètre permet le passage des parasitoïdes à l'émergence mais non celui des mouches (maille carrée de diamètre $\approx 1,5\text{mm}$).

Pour l'expédition du colis, les boîtes d'émergence seront scellées avec du scotch, capitonné de coton au niveau du couvercle (au dessus de la maille carré). Afin de protéger les pupes durant le transport, un lit de coton sera déposé sous les pupes puis sur les pupes.

L'ouverture des boîtes devra se faire de façon contrôlée à l'intérieur d'une grande cage. Avant l'émergence des premiers insectes, le scotch sera simplement retiré du couvercle puis le coton supérieur dans la boîte d'émergence sera délicatement retiré, en prenant soin de ne pas y laisser des pupes accrochées. Par la suite les boîtes d'émergences seront maintenues fermées, ainsi seul les parasitoïdes pourront sortir dans la grande cage.

Au début des émergences, tous les adultes de mouches issus de pupes non parasitées sont laissés à l'intérieur des boîtes d'émergence, où ils mourront rapidement en l'absence d'eau et de nourriture. Si quelques adultes de mouches parviennent à sortir des boîtes d'émergence, ils seront alors écrasés ou aspirés puis placés dans une petite cage, sans alimentation, jusqu'à leur mort.

La grande cage d'émergence est pourvue d'un petit abreuvoir et d'un dispositif de mousseline tendu sur boîte, sur lequel est étalé du miel dilué à la nipagine/benzoate (ou eau), afin de permettre l'alimentation des parasitoïdes (cf. protocoles d'élevage)

A partir du jour où les premières émergences de parasitoïdes peuvent être attendues, la cage est inspectée plusieurs fois par jour afin de récupérer les parasitoïdes émergés pour les placer dans leur cage d'élevage définitive. L'homogénéité du lot doit être vérifiée chaque jour ainsi que la conformité des parasitoïdes avec leur description.

Les parasitoïdes sont aspirés délicatement à l'aide d'un aspirateur à bouche (garni de cellulose ou autre pour amortir les chocs) et maintenus dans un tube plastique à bouchon à vis. Une fois remplis d'adultes, ces tubes vont permettre le transfert des parasitoïdes vers la cage d'élevage.

Mise en place d'un dispositif de lâchers et de suivis

Ce dispositif sera discuté et établi lors de la semaine de formation à l'élevage des parasitoïdes du 21 au 25 mai 2012.

Annexe 2 : Bibliographie – Références

- Brunet C., J. Payet, 2012. Méthodes d'élevage de *F. arisanus* et *P. fletcheri*, parasitoïdes de Tephritidae, au CIRAD Réunion - révision - CIRAD 3P, année 2011-2012
- Hurtrel B., 2000. Biologie du développement et écologie comportementale de deux parasitoïdes de mouches des fruits à la Réunion. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1.
- Manoukis N., S. Geib, D. Seo, M. McKenney, R. Vargas, E. Jang, 2011. An Optimized Protocol for Rearing *Fopius arisanus*, a Parasitoid of tephritid Fruit Fly. *Journal of Visualized Experiments*, <http://www.jove.com/video/2901/>
- Quilici S. & E. Jeuffrault, 2001. Plantes Hotes des mouches des fruits, Maurices – Réunion – Seychelles. 211pages.
- Rousse P., 2003. *Fopius arisanus*, le droit à l'erreur. Spécificité parasitaire et sélection de l'hôte chez un parasitoïde ovo-pupal de mouches des fruits Tephritidae. Thèse de Doctorat, Université de la Réunion.
- Simon A., 1998. Enquête écologique sur les parasitoïdes de mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) ravageurs d'importance économique à la Réunion. Mémoire de fin d'études. ESITPA, Ecole d'ingénieurs en agriculture.
- Sookar P., S. Permaloo, B. Gungah, M. Alleck, S.I. Seewooruthun, A.R. Soonnoo, 2006. An area Wide Control of Fruit Flies in Mauritius. *Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic importance*, 10-15 September , Salvador, Brazil. Pp261 – 269
- Sookar P., S.I. Seewooruthun, F.B. Khayrattee, 2003. Modification and laboratory evaluation of Waste Brewer's Yeast, a local substitute for Protein hydrolysate in Melon fly bait. *Food and Agricultural research Council*, Réduit, Maritius. Pp149 – 155
- Sookar P., S.I. Seewooruthun, F.B. Khayrattee, 2003 ?. Assesment of protein baits for the monitoring and control of fruit flies (Diptera : Tephritidae). *Revue agricole et sucrière*, Ministry of Agriculture, Food security and Natural resources. vol 80 n°3